

私立大学における C A I の役割? . 一般的方向付け

著者名(日)	池村 勉
雑誌名	情報科学研究
号	7
ページ	22-50
発行年	1993-03
URL	http://id.nii.ac.jp/1104/00000506/

私立大学における CAI の役割 I. 一般的方向付け

池 村 勉

The Important Roles Which CAI Should Play in Private Universities I. General Orientation

Tsutomu IKEMURA

私立大学等におけるマスプロ教育等の集団教育（伝統的一斉授業）によって学生が必ず被るはずの「教育工学的マイナス」（第1節で定義）をでき得る限り埋め合わせる目的で、現実的教育現場に様々の CAI 等を導入することの意義について論じた。

ここで留意すべきは、我々が、CAI 等の導入・研究開発主体として、教育学の素人であるが自分の担当教科に CAI 等を意欲的に適用しようとする大学等の教師を想定していることである。この立場から、私立大学等の一斉授業クラスにおいて CAI 等を教育の補助的手段として活用することの有効性等について考察し、その一般的かつ具体的方向付けを行った。

その結果、フレーム型を中心とする伝統的 CAI の活用よりも、マルチメディア型／ハイパーメディア型 CAI の活用および／または CAI を超えるマルチメディア／ハイパーメディアの教育利用を教育の補助的手段として実現した方が、「教育工学的マイナス」を埋め合わせることができるという効用以外に、次のような効用のあることが分かった。

① AV (Audio Visual) 機器やファミコンに馴染んできた現代学生気質を逆手に取って、より一層魅力的な教育を効果的に展開することができる。

② 担当教師の意欲と工夫次第で、いかなる教科にも適用できるという利点がある。

③ 他の私立大学等より積極的に実現することによって、当該大学等の特色にすることができる。

また、現場教育において CAI を超えるマルチメディア／ハイパーメディアの教育利用および／またはメディアミックスの教育への適用を実現することができれば、教科書と黒板とマイクロフォンによる伝統的一斉授業と比較して、より一層、理解を深め、効果的に情報活用能力を育て、人間性を豊かにする授業の展開が可能となるであろう。

キーワード：CAI，マスプロ教育，私立大学，マルチメディア，ハイパーメディア

1. は じ め に

この節では、まず、大学等におけるマスプロ教育等の集団教育が内包するマイナス面を少しでも解消するために、CAI 等を活用することができるのではなかろうかと考えるようになったモチベーションについて述べる。次に、導入するとよいと考えている CAI 等の適用対象年令・科目等について述べた後、次節以降の内容について簡単に触れる。

1.1 モーチベーション

近年、大学等とくに私立大学において、Factory Model のマイナス面としての、いわゆるマスプロ教育（授業）の弊害* が叫ばれるようになって久しいが、一向に改善の兆しは見られない。むしろ、18才人口のピークを迎えた昨今では、一過性の現象であるとはいえ、大学内でも無策である結果として、改悪の感さえある。もちろん、将来18才人口の自然減少によりその弊害が少しは緩和されるかも知れないが、大勢は変わらず、根本的なところでマスプロ教育（授業）の弊害を積極的に改善しようとする雰囲気さえないように思われる。大学内では少なくとも有志多数が、できれば全学的規模で組織的に、何らかの対策を打ち出さない限り、その弊害の解消はもちろんのこと、その緩和さえ望める状況にはならないのではなかろうか。

一方、比較的小規模のクラスでの、いわゆる一斉授業においても、1人の教師が様々な能力と特性を持つ相当数** の学生に納得できる教育を行うには限界がある。学力レベルまたは学習進度および個性の相異なる学生が混在する集団を相手に、1人の教師が1種類の授業計画に従って、同時平行方式のみできめ細かい授業を行うことは、学生数が極めて小数（たとえば10人程度以下）のクラスでない限り、ほとんど不可能であろう。

このような Factory Model の延長線上にある、旧態依然とした伝統的一斉授業（マスプロ授業を含む。）によって学生が必ず被る平均的教育工学的マイナスを、でき得る限り埋め合わせる、あるいは伝統的一斉授業の弊害* を緩和（できれば解消）する有効な対策の1つとして、このような教育現場に種々様々の CAI 等を導入することが考えられる。

ただし、ここに、力量が Q の教師が同じ内容の授業計画を実行するものとして、上述の「伝統的一斉授業（マスプロ授業を含む。）によって学生が必ず被る平均的教育工学的マイナス： $MMR_Q(m,n)$ 」は、「学生数 m が相当数** 以上のクラスにおける伝統的一斉授業（マスプロ授業を含む。）によって学生1人が到達する平均的教育目標到達度： $MAR_Q(m,m \gg n)$ 」から「学生数 n が極めて小人数（たとえば10人程度以下）のクラスにおける授業によって学生1人が

* ここでいう弊害としては、とくに具体的なものを明記していないが、大学の大講義室の100人から300人程度のクラスや語学クラス等での授業経験を持つ教師ならば誰でも実感しているはずの諸々のものを想定しており、従って筆者の浅慮では想像もつかないものをも、その中に込めたつもりである。

** 本学では通常、ゼミナール形式のクラス等で20人から30人程度、語学クラス等で40人から50人程度である。

到達する平均の教育目標到達度： $SAR_q(n, n \leq 10)$ 」を差し引いたものであると定義する。

これは、数量化するならば、マイナスの値を取るはずであり、

$$\begin{aligned} MMR_q(m, n) &\equiv MAR_q(m, m \gg n) - SAR_q(n, n \leq 10) \\ &\equiv -[SAR_q(n, n \leq 10) - MAR_q(m, m \gg n)] < 0, \end{aligned}$$

と書ける。以下では簡単のために、これを「教育工学的マイナス」と呼ぶことにする。

ところで、この報告において、今では古いといわれる“CAI”という表現をあえて使うのは、それが最もポピュラーであるという単純な理由からであるが、“CAI等”という表現には、次節の2.1で述べるような広い意味のCAIのみならず、それを超えるマルチメディア/ハイパーメディアの教育利用、メディアミックスの教育への適用などの意味をも含めたつもりである。

1.2 CAI 等適用の対象年令・科目等について

まず、考えているCAI等を適用する対象年令としては、もちろん、コンピュータの教育利用が促進されており、かつCAI導入の歴史のある小・中・高等学校の児童・生徒を含めてもよいが、この報告では主に大学等の学生を想定している。

次に、CAI等を適用する対象教育科目としては、大学等の学生に関する限り、一応あらゆる教育科目を想定する。数学、物理学、化学、生物学などの自然科学系の科目および英語、ドイツ語、フランス語、ロシア語、中国語などの語学系の科目のみならず、情報科学系の科目（経営情報学、図書館情報学等の学際領域を含む。）、社会科学系の科目、人文科学系の科目（音楽、絵画等の美学を含む。）、さらに実験・実技を伴う工学、体育学系の科目などにおいても、各科目の特性に合ったCAI等の活用が可能であると考ええる。

さらに、具体的にCAI等を研究開発・導入する主体として、CAI等または教育工学等の専門家ではなく、むしろ当該科目の担当教師のような素人を想定しているので、そのテーマを当該科目の教育内容の重点項目に絞り込んだ小規模のコースウェアまたは授業計画を作成するのが、CAI等の導入を実現するための、最も現実的な方法であると考ええる。

次節においては、前半でCAIの概説を行い、後半でCAI等の教育目標について述べる。なお、CAIを超えるもの（＝“CAI等”－“CAI”）については、第6節で詳しく考察する。

第3節においては、CAIシステムの分類を、ハードウェア構成とコースウェア作成機能という2つの視点から行う。ここでは、CAIを超えるものについて触れない。

第4節においては、CAI等の学習形態とその有効性について述べる。

第5節においては、知的CAIについて概観する。

第6節においては、CAIを超えるニューメディアの教育利用について考察する。

最後の節においては、まとめとして、前半で「私立大学におけるCAIの役割」の一般的方向付けに関する主張点を列挙し、後半で今後の具体的方向付けについて検討する。

2. CAI 等の教育目標

この節では、前半において CAI とは何かを概説し、CAI を超えるもの (CAI 等の “等”) については第 6 節で考察する。後半において CAI 等の教育目標について述べる。

2.1 CAI とは

CAI とは、Computer Assisted Instruction の省略形で、直訳的には「コンピュータに支援された教育 (教授)」を意味するが、その実際の中味は、一口で表現するならば、Individualized, Interactive* and Guided Instruction¹⁾ である。ただし、この報告では後述の如く、伝統的 CAI や知的 CAI に限定することなく、マルチメディア型 / ハイパーメディア型 CAI までをも含めた広い意味で使用する。一方、教える側からの表現である CAI に対して、逆に習う側からの表現としての CAL がある。CAL とは、Computer Assisted Learning の省略形で、「コンピュータに支援された学習」を意味する。この報告では、字面だけをとりえて CAI より CAL の方がよいなどという議論には拘わらず、しかも CAL の精神を忘れず、一貫して CAI という表現を使うことにする。

この他に、過去には、CAI に近い表現として、Educational Computing や Computer Uses in Education が、また CAL に近い表現として、Electronic Learning が使われていたようである。さらに、最近では、教育工学関係の専門家達の間で、CITL という表現を提唱している人々がいる。²⁾ これは、Computer Integrated Teaching and Learning の省略形で、教える側と習う側の間にある垣根が取り払われ、本来表裏一体の関係にあるはずの「教育と学習」において、コンピュータの包括的な活用を行おうとする考えを表した用語のようである。

ところで、従来形の CAI を伝統的 CAI という。その典型的なものが、AFO - CAI (Ad hoc Frame Oriented CAI) である。これは、現在のフレームが直前のフレームにおける学習者の応答によってのみ選択されるフレーム型 CAI の別称であり、ドリル & プラクティス (Drill and Practice) 型とチュートリアル (Tutorial) 型に大別される。前者では、ドリル形式の問題に対して学習者が記号で入力した解答を正答と照合して結果を記録してくれるので、学習効果を測定しやすい。³⁾ 後者では、たとえば、説明文の後提示される設問に誤答するとヒント等が出、3 回誤答すると、詳しい解答と説明が出てくる。³⁾ この種の伝統的 CAI には弊害のあることが指摘されているが、詳細については参考文献 4) に譲る。

伝統的 CAI の中で、AFO - CAI 以外に特徴的なものとして、フレーム型では実現できないシミュレーション (Simulation) 型 CAI がある。模擬実験をコンピュータで行ったり、分子模

* ここでは、「対話的な」または「対話式の」という意味で用いられている。具体的には、後述の如く、学習者主導型、システム主導型、両方をミックスした双方主導型などが考えられる。

型などのモデルを可視化したり、さらにアニメーションを取り入れたりして、ディスプレイ (display) 画面を通じて学習者に具体的なイメージを把握させる。³⁾ また学習者はパラメータを変化させて、その影響を試行錯誤的に試すことができる。このようにして学習者は、コンピュータと対話しながら自ら考える環境を与えられる。

近年、このような伝統的 CAI には飽き足りない人々が、新型 CAI やニューメディア (new media) の教育利用の実用化に向けて研究開発を展開しつつある。なかんずく、知的 CAI (ICAI = Intelligent CAI) / ITS (Intelligent Tutoring System), およびマルチメディア (Multi-Media) / ハイパーメディア (Hyper-Media) の教育利用が注目される。

知的 CAI システムとは、人工知能 (AI = Artificial Intelligence) の技法を用いるもので、人工知能と同程度に長い研究の歴史を持つが、まだ研究途上にある。しかし、近年、実用化に向けた研究も盛んになってきており、将来きっと高度個別教育と双方主導対話を実現したシステムとして活躍する 때가来るであろう。その詳細については第5節に譲る。

最近、マルチメディア / ハイパーメディアということばが、以前にも増してよく使われるようになってきた。マルチメディア型 / ハイパーメディア型 CAI システムとは、このマルチメディア / ハイパーメディアを利用して作製されたコースウェア (courseware) から成るものである。これについては第3節の3.2の(5)で概説する。

さらに、ごく最近、マルチメディア / ハイパーメディアの教育利用、メディアミックスの教育への適用などについての関心が高まってきているが、これについては第6節の考察に譲る。

2.2 CAI 等の教育目標

CAI 等の教育目標については、芦葉浪久氏による教育目標Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ^{5, 6)} を以下に引用すると同時に、筆者による教育目標Ⅳを追加した。

＜教育目標Ⅰ＞

「CAI によって教授と学習の個別化と、教授と学習の最適化を図り、1人ひとりの学習者の学習過程を連続的に改善していくことによって、学習成果を高めていき、学習者の個性 (適性・能力) に応じて効果的に学力を形成する。」

この目標は、主に伝統的 CAI システム、なかんずく AFO - CAI システムによって達成されるであろう。

＜教育目標Ⅱ＞

「コンピュータによるシミュレーションやグラフィックスのような、人間による授業では実現できないコンピュータの特有な機能を教育に使って、幅広い質の高度な目標を達成する。」

この目標は、主に伝統的 CAI の中のシミュレーション型 CAI システムによって達成されるであろう。

《教育目標Ⅲ》

「学習者の要望や質問にコンピュータが答え得るようにし、コンピュータと学習者が相互に応答する教育の場を確立することによって、学習者主体の教育環境における特有の教育目標を効果的に達成する。」

この目標は、知的 CAI システムまたは ITS の実用化によって初めて達成されるであろう。

《教育目標Ⅳ》

「学習者主体の探索的、発見的かつ擬似体験的な学習を可能にし、さらに表現力が豊かでかつ感性に訴え得る情報体系化・活用能力を習得させることによって、学習者が能動的主体となる教育環境における人間性豊かな最高の教育目標を達成する。」

この目標は、マルチメディア型／ハイパーメディア型 CAI システムの導入、CAI を超えるマルチメディア／ハイパーメディアの教育利用、メディアミックスの教育への適用などによって達成されるであろう。

3. CAI システムの分類

広義の CAI システムは、大別して、ハードウェア、ソフトウェア、コースウェアの 3 要素から構成されているといわれる。この節においては、CAI システムの分類を、ハードウェア構成とコースウェア作成機能という 2 つの視点から行う。

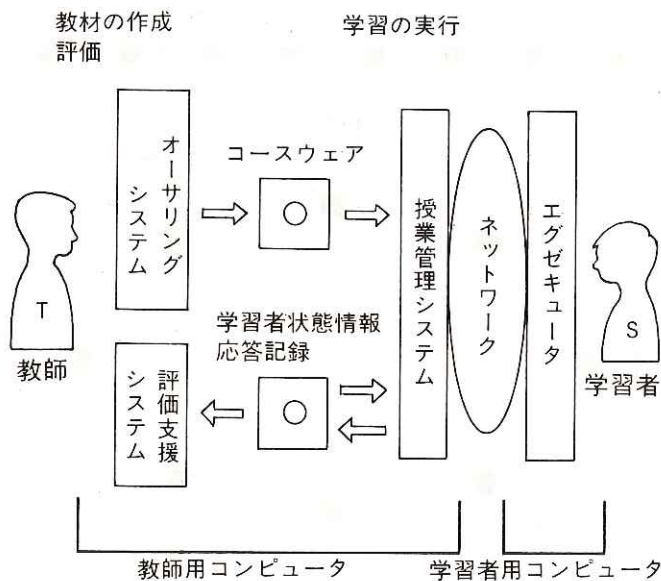


図1 伝統的CAIシステムの構成例⁷⁾

3.1 CAI のハードウェア構成上の分類

CAI システムの実行方式は、ハードウェア構成の観点から以下の如く大別できる。

(1) センター方式

この方式では、CAI ソフトウェア* (次のページの脚注の*を参照) とコースウェアが、ホストコンピュータとしての大型汎用コンピュータ上にあり、多数の学習者が多数の端末からこの大型汎用コンピュータを TSS (Time Sharing System) で利用する仕組みになっている。この方式は、最近のコンピュータのダウンサイジング (小型化) およびコンピュータ・システムの分散化/ネットワーク化の進行に伴って時代遅れとなってしまった。

(2) スタンドアロン方式

この方式では、CAI ソフトウェア* とコースウェアが、スタンドアロン (Stand Alone) 型のすべてのパソコン/ワークステーション上にあり、多数の学習者が通常 1 人 1 台の割合でこれらのパソコン/ワークステーションを利用する仕組みになっている。この方式は、最近のパソコン/ワークステーションおよび周辺機器の低価格化と高性能化のお陰で実現されやすくなり、普及しつつあるようであるが、たとえば、AFO-CAI を実行する場合、分散して蓄積された学習記録を収集・管理しなければならず、大変な労力が必要となり、この方式は不向きである。一方、画面提示がスピーディであるから、ゲーム&シミュレー

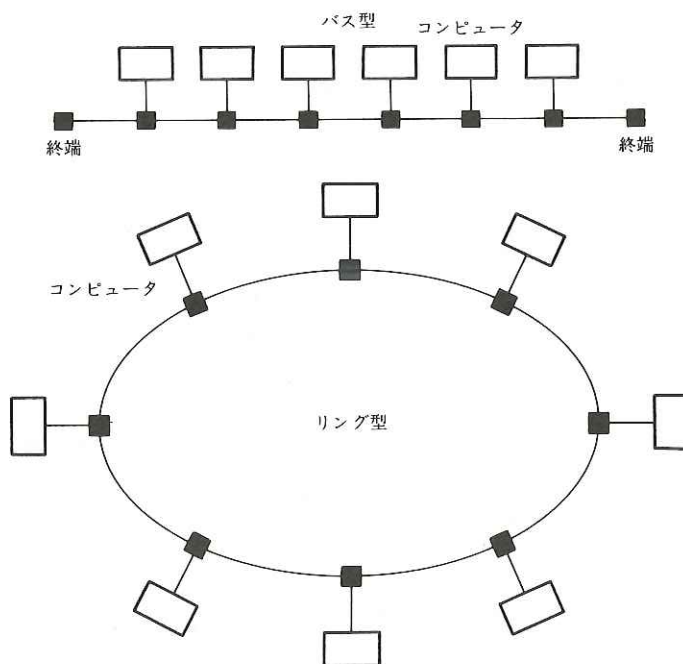


図2 バス型とリング型⁵⁾

ション型 CAI やマルチメディア型／ハイパーメディア型 CAI の実行には向いている。

(3) ネットワーク方式

この方式は、通常教育機関・施設内または教室内においてパソコン／ワークステーションによる LAN (Local Area Network) を構築するものである。これには、図 2 に示したようなバス型とリング型がある。いずれの場合も、LAN を構成するパソコン／ワークステーションのうちの 1 台が、大容量のハードディスクを装備したサーバ (server) マシン／教師用マシンとなり、CAI ソフトウェア^{*}、コースウェア、学習記録等は、その大容量のハードディスク上に格納されている。サーバマシン／教師用マシンと学習者用マシンの間または学習者用マシン相互間で、共通の回線 (ケーブル) を経由して CAI システム関係ソフトウェアはもちろんのこと、その他の必要なデータ (ファイル) の転送が可能である。同一回線を経由中の 2 つのデータの衝突は、バス型では起こり易く、リング型では起こり難いといわれる。図 2 を参照されたい。

3.2 コースウェア作成機能上の分類

コースウェアとは、CAI 用の教材 (instructional materials) のことで、最近ではティーチウェア (teachware) という人もいる。通常の伝統的 CAI コースウェアは、基本的に ① 学習制御データ (教え方)、② 画面データ (教える内容)、③ メッセージ・データ (KR 情報^{**}) から成る。⁷⁾ ただし、知的 CAI とマルチメディア型／ハイパーメディア型 CAI のそれは、それぞれの意味で当然格段に進化している。

ここでは、コースウェア作成機能上の分類として、芦葉浪久氏などによる分類 (1) から (4)^{5), 6)} に加えて、筆者は、第 5 番目の分類 (5) マルチメディア型／ハイパーメディア型 CAI を、あえて新しい機能のものとして位置付けることにする。

(1) フレーム型 CAI / AFO - CAI

伝統的フレーム型 CAI は、「フレーム＋予想解答・回答＋枝分かれ方式」という固定された構造を持っていることから、AFO - CAI (Ad hoc Frame Oriented CAI) とも呼ばれるようになったという。⁸⁾ フレーム (frame) とは、たとえば、ディスプレイ画面への課題提示に始まり、学習者からの回答の受信、予想解答 (回答) との照合、照合結果に応じた KR 情報の提示、学習者の評価・記録、次の行き先の選択・決定で終わる 1 サイクルか

* 狭義の (通常の) CAI システムの意味で使っており、通常の伝統的 CAI の場合、中心となる ① 学習実行管理システム＝エグゼキュータシステム (Executor System) と ② コースウェア作成支援システム＝オーサリングシステム (Authoring System) に加えて ③ 授業管理ネットワークシステム、④ 評価支援システムなどから成る。⁷⁾ 図 1, 5 を参照されたい。

** 学習者からの回答の照合結果に基づいて、学習者にフィードバックされるスクリーン・メッセージ情報である。KR は Knowledge of Results の略である。

ら成る学習の最小単位の枠組みといえる。⁷⁾ 授業計画に従って多数のフレームを、枝分かれを持つ系列に配列したコースウェアが、フレーム型 CAI コースウェアである。⁷⁾

このフレーム型 CAI コースウェアは、第2節で述べた如く、ドリル&プラクティス型とチュートリアル型に大別される。

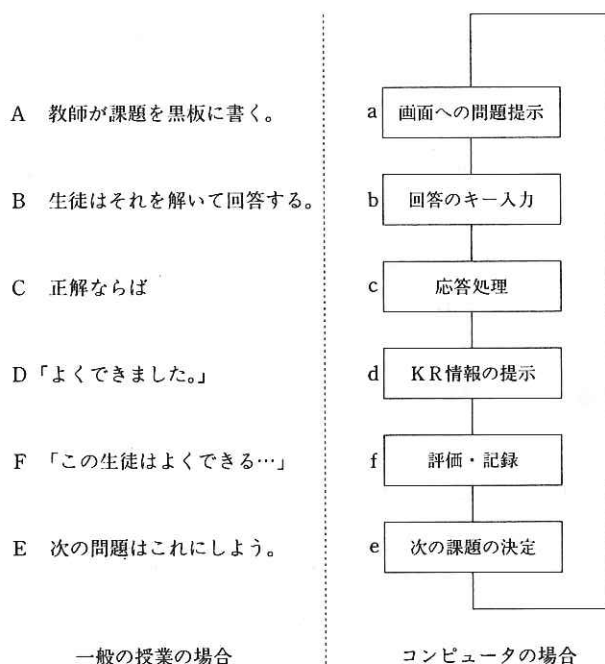


図3 フレームの概念⁷⁾

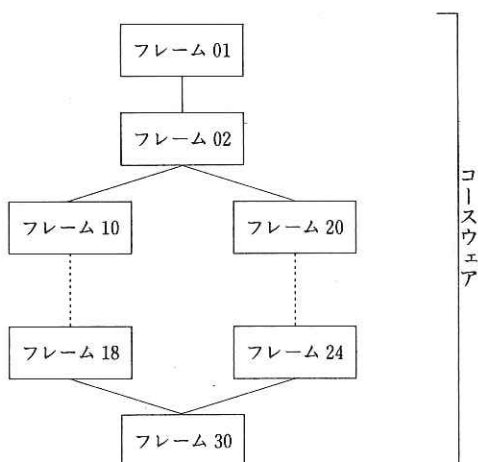
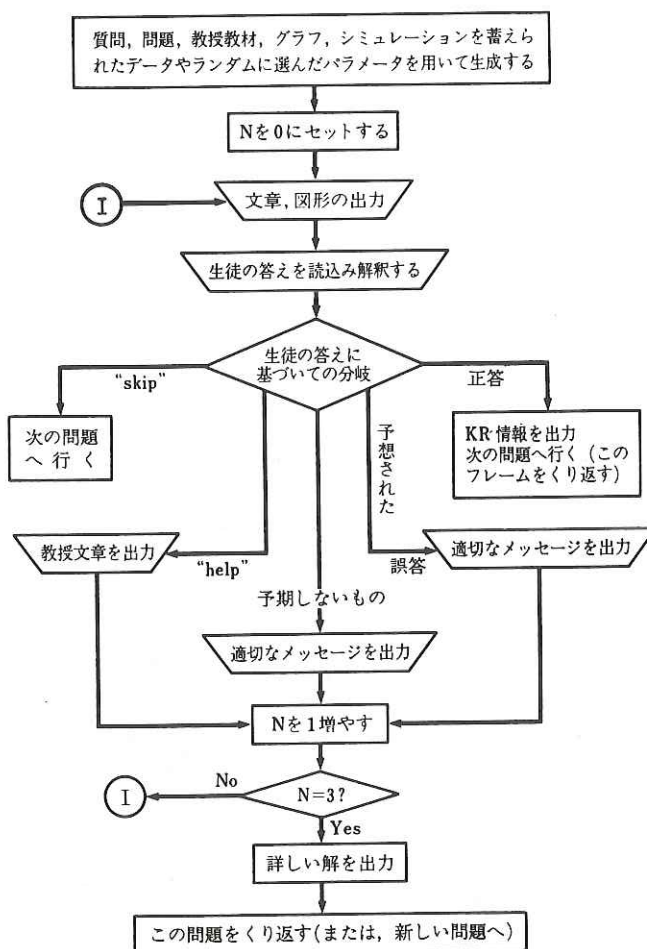


図4 フレーム型コースウェアの概念図⁷⁾

図6 チュートリアル型CAIにおける典型的な指導方略³⁾

示する構造を持っている。^{3, 6)}

このチュートリアル型CAIは、思考力の養成には不向きであるという説もあるが、このコースウェアを構成するフレームの配列や枝分かれを工夫することによって、学力レベルや個性の違う学習者に適応した様々な学習指導コースを提供できるようにすれば、思考力の養成にも活用できるはずである。⁶⁾ もちろん、そのようなコースウェアを作成しようとする教師は、教材をより深く分析・総合する能力を必要とされる。

(2) 自動生成型CAI

自動生成型CAIは、伝統的CAIの後期に生まれ知的CAIへの橋渡しの役割を果たしたものである。この自動生成型CAIでは、

- ① 乱数で選定された具体的データ(数値など)が、予め用意した難易度レベル付きの

問題プロトタイプの該当箇所に次々と代入され、具体的問題が自動的に生成されて行き、学習者の解答の正誤に応じて KR 情報等が生成されると同時に、解答した各問題のレベルと解答の正誤が学習者モデルに記録される。^{3), 8)}

② 次に与えられる問題は、学習者モデルに記録された理解状態に基づいて決定される。

この自動生成型 CAI コースウェアでは、フレーム型コースウェアのように提示する問題等をひとつずつフレームとして予め作成して置く必要はなく、さらに②の機能の存在が学習者の多様な特性への対応を可能にする。⁸⁾ しかし、その適用範囲は、算数・数学における演算概念・技能の定着を図るドリル学習などに限定されているようである。

(3) データベース (Database) 型 CAI

データベース型 CAI は、大量の教材データをデータベース化した「教材データベース」を装備しており、学習者の入力に応じた教授情報(各種問題)を、そこから検索・提示したり、学習者からの応答に適合する評価・フィードバックのための教授情報(予想解答, KR 情報, 誤り治療法, 誤り治療のための問題, 解説)を、そこから検索・提示する仕組みを持っている。⁶⁾

この「教材データベース」が AI 技法を取り込んで進化し、知識ベース (knowledge base) になったものが、知識ベース型 CAI コースウェアを構成する。ただし、知識ベースとは、知識データとしての事実、推論、手続きなどが大量に蓄積されている、AI 用の巨大なデータベースのことである。

さらに、この「教材データベース」の情報(データ)モードと構造がマルチメディア型／ハイパーメディア型になったものを「教材マルチメディア・データベース／教材ハイパーメディア・データベース」と呼ぶことにする。これら新式の教材データベースがマルチメディア型／ハイパーメディア型 CAI コースウェアを構成することになる。

(4) 知的 CAI (ICAI) ／ ITS

AI 技法を取り入れた知的 CAI システム／ITS においては、上記のような従来式の CAI システムではできなかった「システムが学習者と自然言語で対話したり、学習者の質問に答えたり、誤答に含まれている誤りの原因を同定したりすること」が可能である。

そのために、伝統的 CAI のコースウェアでは機能の分化が不完全であった教材データベース等(知的でない学習者モデルを含む。)を、AI 技法を用いた3つの基本モジュール：

- ① 教材知識／領域知識 (Domain Knowledge)
- ② 学習者モデル (Student Model)
- ③ 教授戦略／教授知識 (Pedagogical Knowledge)

に完全分離し、知識ベースとして再構築したものに、自然言語処理機能を備えた第4の基本モジュール：

- ④ 対話インタフェース (Interactive Interface)

を組み込んだものが、知的 CAI システム / ITS である。^{3, 10)}

これらの機能等の詳細については第5節に譲る。

(5) マルチメディア型 / ハイパーメディア型 CAI

上で述べた分類 (3) データベース型 CAI のところで定義した、新式の「教材マルチメディア・データベース / 教材ハイパーメディア・データベース」が、マルチメディア型 / ハイパーメディア型 CAI コースウェアを構成する。

ここでいうマルチメディアという用語は、文字、記号、図形、フルカラーの静止画、音声 (音楽をも含む)、アニメーション (animation, 動画)、映像などの多様な情報モード (マルチモード) を取り扱うことができる、コンピュータを中心としそれによって制御されたイメージ・スキャナ、音声入力装置・アンプ・スピーカー、CD-ROM プレイヤー、VTR プレイヤー、LD プレイヤーなどの周辺機器から成るハードウェア・システムのこと、¹¹⁾ いわばマルチメディア対応コンピュータシステムの意味で用いている。

さらに、ハイパーメディア (対応コンピュータ) とは、そのようなマルチモードで記録されたデジタル情報ファイルを縦横に相互参照することができ、それら複数のファイルを同一のディスプレイ画面上に表示することができる、上記のような周辺機器を含むコンピュータシステムを意味する。^{11, 12)}

もし、ここでいう「教材マルチメディア・データベース / 教材ハイパーメディア・データベース」を、モジュール化すると同時に知識ベース化し、対話インタフェースを付ければ、マルチメディア型 / ハイパーメディア型 CAI は、上述の「マルチメディア型 / ハイパーメディア型知的 CAI / ITS」に進化するであろう。

なお、マルチメディア型 / ハイパーメディア型 CAI を超えるマルチメディア / ハイパーメディアの教育利用、およびメディアミックスの教育への適用については、第6節において考察する。

4. CAI 等の学習形態とその有効性

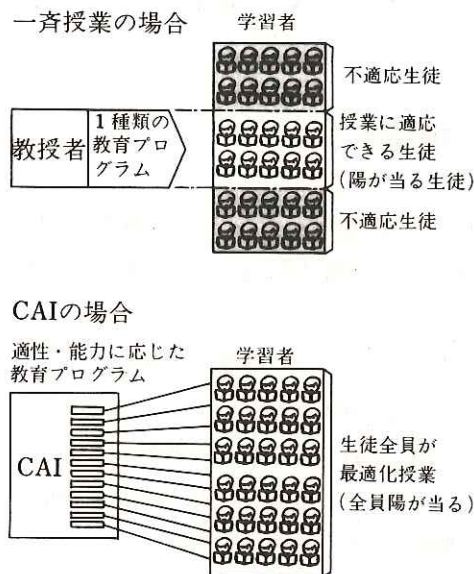
この節では、CAI による学習効果、CAI 等の学習形態とその有効性などについて述べる。

4.1 一斉授業と CAI による学習効果

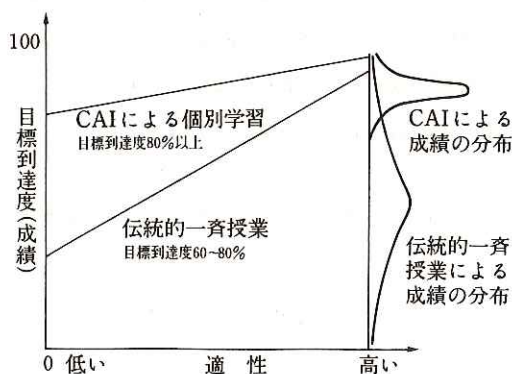
大教室における一斉授業 (いわゆるマスプロ授業) においてはもちろんのこと、比較的小規模のクラスでの一斉授業においても、1人の教師が多様な能力・適性を持つ多数または相当数の学生に納得できる教育を行うには限界がある。学力レベルまたは学習進度および適性の異なる学生が混在する集団を相手に、1人の教師が1種類の授業計画 (教育プログラム) に従って、

同時平行方式のみできめ細かい授業を行うことは、学生数が極めて小数のクラスでない限り、ほとんど不可能であろう。

このような伝統的一斉授業（マスプロ授業を含む。）によって学生が必ず被る、平均の「教育工学的マイナス： $MMR_q(m, n)$ 」（第1節で定義済み）をでき得る限り埋め合わせる、あるいは伝統的一斉授業の弊害を緩和（できれば解消）する有効な対策の1つは、このような教育現場に、学習者（学生）の多様な特性（能力・適性）に柔軟に対応できる CAI を導入することである。



(a) 個別学習と一斉授業⁵⁾



(b) 個別学習と一斉授業の効果の比較⁴⁾

図7 CAI による個別学習と伝統的一斉授業の比較^{4), 5)}

そうすれば、CAIは、各学習者に各々の特性に最適な学習プログラムを提示することによって、学習効果をあげることができるであろう。図7を参照されたい。

ここで、我々は決してCAIに教師の代役をやらせるべきではなく、あくまでもCAIを日常の一斉授業の補助的手段として活用すべきであることを指摘しておきたい。

ただし、その補助的手段としての活用方法には、大別して、学習者が自分の自由時間にマイペースでCAIによる個別学習を行う方法と、教師が一斉授業中にCAIを併用する方法との2通りが考えられるので、教師は、教育対象科目の教育内容(用意されたコースウェアの型・質を含む。)や教育対象クラスの人数・年令などを勘案して、より効果的な方法を採用しなければならない。

4.2 CAI等の学習形態とその有効性

教授方法におけるアプローチの相違から、主として伝統的CAIの学習形態は次のような6つの様式に分類される。⁹⁾ ただし、通常(2)と(3)をまとめてチュートリアル様式とすることが多い。^{4, 5, 6)}

まず、教えるシステムに関して、次の2つの様式がある。

(1) ドリル&プラクティス様式 (Drill and Practice Mode)

これは、知識や技能を正確に定着させるのに効果があるという。

(2) コース作成者制御チュートリアル様式 (Author Controlled Tutorial Mode)

これは、概念や法則の理解、思考力の育成に効果があるという。教科の学力形成を行うのに向いている。ただし、システム主導型である。

次に、学ぶシステムに関しては、次の4つの様式が考えられる。

(3) 学習者制御チュートリアル様式 (Learner Controlled Tutorial Mode)

これも、上の(2)と同様であるが、学習者主導型である。学習者が自然言語でシステムに働きかける学習者主導型の場合は、知的CAIに属する。

(4) 問い合わせ様式 (Inquiry Model) / 情報検索様式

学習者が主体的にシステムに対して問い合わせを行い、システムの装備するデータベース(知識ベースを含む。)から必要な情報を自由に引き出し、報告書や論文を作成するのに活用できる。

(5) ゲーム&シミュレーション様式 (Game and Simulation Mode)

シミュレーションの中にゲームの手法を取り入れたり、ゲームの中にシミュレーションの手法を取り入れたりすることがあるので、このような名前が付いた。

授業で用いるシミュレーションを、学習形態で分類すると、次の4つになる。⁶⁾

① 演示シミュレーション

教師が学習者に演示し、その概念形成を助け、法則の理解を深めるのに有効である。

② 実験シミュレーション

学習者が自分でコンピュータを操作し、変化させた実験条件に応じて変動する画面上の模擬実験 / コンピュータ実験 (Computer Experiment) を観測することによって、現象の背後にある法則を検証し、法則の理解を深めるのに有効である。

③ 問題解決型シミュレーション

学習者が自分でコンピュータを操作して、問題解決のための理論モデルを構築し、これをシミュレーション・プログラムによって視覚化することによって、そのモデルの妥当性を検証する。これを繰り返すことによって構築できた有効なモデルを用いて問題を解決しようとするものである。これは、演繹的思考、帰納的思考、分析・総合能力などを育成するのに有効である。⁶⁾

④ 発見型シミュレーション

システムが予め用意した道筋に沿って、学習者を誘導し発見体験をさせるもので、学習者はあたかも自力で発見したかのように感じる。たとえば、歴史上の大発見を体験させるのに有効である。

(6) 問題解決様式 (Problem Solving Mode) / アドリブ (Ad lib Mode) 型

「教科書の文章をコンピュータに入れるという発想でなく、新しい教材を考える。しかもそれは学習者が積極的に働きかけて学習する。つまり学習者の経験的・発見的・行動的・直観的な行為を重視し、自らが学習過程を創造していくための環境を提供することに意味をもたせている。」³⁾ 以上がアドリブ型の一形態であるが、その代表的なものとして、MIT の S. Papert によって開発された LOGO がある。

この学習形態では、自らが学習過程を創造し、問題解決の過程をたどること自体が学習目標となる。

一方、知的 CAI については、自然言語理解の可能な対話インタフェースが装備されていることもあり、双方主導型 (Mixed Initiative)* の方向でも研究が行われているようである。^{3, 9)} このような知的 CAI が教育現場において果たす役割と効用は、第 5 節を見るまでもなく明らかであろう。

また、マルチメディア型 / ハイパーメディア型 CAI, および CAI を超えるマルチメディア / ハイパーメディアの教育利用については、まだ流動的であり様々な様式が考えられるが、コース作成者制御様式 (Author Control Mode) よりも、できるだけ学習者制御様式 (Learner Control Mode) のものが多く作成されることを期待したい。この場合学習者制御様式のシステムでも、学習者の自然言語による働きかけには応答できないものが普通である。既に開発済みのマルチメディア教材 / ハイパーメディア教材の中でも有名なものを第 6 節の 6.2 と 6.3

* 知的 CAI での双方主導型 = コース作成者制御様式 + 学習者制御様式 + 自然言語対話。

の末尾で紹介する。

なお、CAIの範疇に入るか否かに拘らず、マルチメディア/ハイパーメディアの教育利用の役割と効用については第6節で概説し、その他の詳細についてはその関連の参考文献に譲ることとする。最後にここで、マルチメディア/ハイパーメディアの存在価値を際立たせる使用例を紹介しておきたい。それは、これが聴覚障害者の教育現場において活用され、学習効果を発揮していることである。¹³⁾

5. 知的 CAI

この節では、前半において知的 CAI システムの基本構成について概観し、後半においてその簡単な分類等について述べる。

5.1 知的 CAI システムの基本構成

伝統的 CAI システムには、次のような問題点がある。^{3, 10)}

- (1) 学習者がシステムと自然言語で対話できないので、受け身にならざるを得ない。
- (2) 学習者は、選択式または穴埋め式で文字が簡単な単語でしかシステムに入力できない。
また、システムは、学習者の「なぜ」という質問に答えられない。
- (3) 学習者が誤って解答したとき、システムはその誤りの原因を推定できないので、誤りに対して適切な個別指導を行うのが困難である。

このような問題点は、伝統的 CAI システムが問題解決能力を持たないことに原因がある。もしそれを持つならば、問題解決過程を解釈するメタ知識を用いて、質問に答えたり、解答の正誤を判定したり、誤答の原因を推定して学習者モデルを構成できるであろう。³⁾

そこで、問題解決能力を持つシステムを実現するために、伝統的 CAI のコースウェアでは機能の分化が不完全であった教材データベース等 (知的でない学習者モデルを含む。) を、AI 技法を用いた3つの基本モジュール：

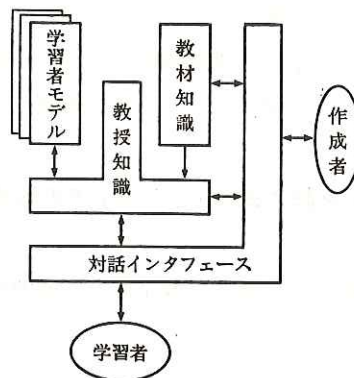
- ① 教材知識/領域知識 (Domain Knowledge)
- ② 学習者モデル (Student Model)
- ③ 教授戦略/教授知識 (Pedagogical Knowledge)

に完全分離し、それぞれ知識ベースとして再構築したものに、システムの内部表現と自然言語表現の間の柔軟な変換を司る第4の基本モジュール：

- ④ 対話インタフェース (Interactive Interface)

を組み込んだ知的 CAI システム / ITS が研究されるようになった。^{3, 10)}

ここに、教材知識モジュールとは、対象教科に関する知識を用意する知識ベース・システム

図8 知的CAIの基本構成³⁾

である。誤り原因の推定や指導方略の計画のために、学習者モデルの内容や問題解決過程を解釈する必要があるので、知識とそれを用いた問題解決過程がメタ知識によって解釈可能でなければならない。³⁾

学習者モデルとは、学習者ごとに生成され、学習結果に基づいて推定された学習者の理解状態を表現するモジュールで、学習者を個別指導する手順を設定するためのデータベースの役割を果たす。学習開始時点で学習者1人に1つずつ空の学習者モデルが生成され、学習の進行につれてそこに各個人の学習情報が蓄積されて行く。³⁾

教授戦略モジュールは、教材知識と学習者モデルを用いて、教師またはシステム作成者の教育方針を実現する。³⁾

5.2 知的CAIシステムの分類

知的CAIシステムを教授法という観点から分類すると、教授型教育システムと環境型教育システムに分けることができる。¹⁴⁾ 前者は対話を通して問題解決知識を教えるシステムであり、主に研究用として、医学生教育用のGUIDON、NEOMYCINなど多数のシステムが開発されている。一方、後者は仮想実験環境を与えて自発的学習を助けるシステムであり、主に研究用として、蒸気推進プラントの操作手続きを学習させるSTEAMER、電気回路を扱うQUESTなど多数のシステムが開発されている。

いずれにしても、実用に耐え得る知的CAIシステムは、特定の専門分野を除いてほとんど皆無に等しい。たとえそれを構築できるとしても、それをできるのは、その専門家のみである。素人（たとえば教師）がそれを構築するには、汎用性のある便利な知的CAI構築支援ツール（一種のAuthoring System）を必要とする。しかし、残念ながら現在のところ、実用に耐え得るそのようなツールはまだ現れていない。知的CAIシステムの素人である教師にとっては、

上述のような4つの基本モジュールの機能のバランスが取れた(適用教科の教育目標に照らしてアクセントがあってもよい!) 知的 CAI 構築支援ツールの出現が切に望まれる。

なお, 知的 CAI に関するこれ以上の詳細については, 参考文献 3, 14) を参照にされたい。

6. CAI を超えるニューメディアの教育利用

コンピュータを中心とする情報処理技術の急激な進歩と低価格化によって, 数年前には高根の花であった情報メディア機器の大衆化が促進された。その結果, 大学等の教育現場においても, マルチメディア, ハイパーメディア, メディアミックスなどのニューメディアの発想を具体化し, 活用できる時代がやって来た。この節では, 主として教育工学関係の専門家による関連用語の定義またはそれに関する見解に従って, CAI を超えるニューメディアの教育利用または学習環境について考察する。^{11, 15)}

6.1 マルチメディアとは

最近, 情報メディアとしてのニューメディア技術の進展は目覚ましく, その中でもマルチメディアは, 流行の先頭を切って脚光を浴びるに至った。今や流行語となったマルチメディアの定義には, 各人各様の解釈があり, 少なからず混乱が見られる。

そこで, ここでは, マルチメディアという用語は現在3つの意味で使われているという田中博之氏の定義を引用し, 箇条書きにしてみる。

① 複数の多様なメディア (伝統的な使用法)

「テレビ, ビデオデッキ, OHP, スライドプロジェクター, 映画, 本, コンピュータ, カセットテープレコーダなどのように, それぞれ単体の機器 (medium) を組み合わせて活用するためにいくつかを選んだときのメディアの集合体を表している。」¹¹⁾

② ハイパーメディア (最新の使用法)

「ハイパーメディアは, フレキシブルネットワーク (flexible network) とマルチモード (multi-mode) という, 二つの特性を持つ新しいコンピュータである。つまり, 画面上のボタンをマウスでクリックするだけで, ファイルの相互参照を自由に行うことができ, さらにビデオ動画像, アニメーション, フルカラーの静止画, そして音声などの多様な情報をデジタル化して取り扱うことができる。この定義では, メディアという言葉はハードウェアとしての機器ではなく, 情報モードつまり映像, 音声, 図形, 記号, 文字といった情報の種類を指しているのである。場合によっては, マルチメディアパソコンあるいはマルチメディア対応コンピュータということもある。」¹¹⁾

③ メディア・インテグレーションによる新しいコンピュータシステム

「コンピュータを中心として、スキャナ、音声入力装置、アンプとスピーカー、CD-ROM プレイヤー、制御機能付きビデオデッキやレーザーディスクプレイヤーなどの周辺機器を組み合わせたシステムを意味することがある。」¹⁵⁾

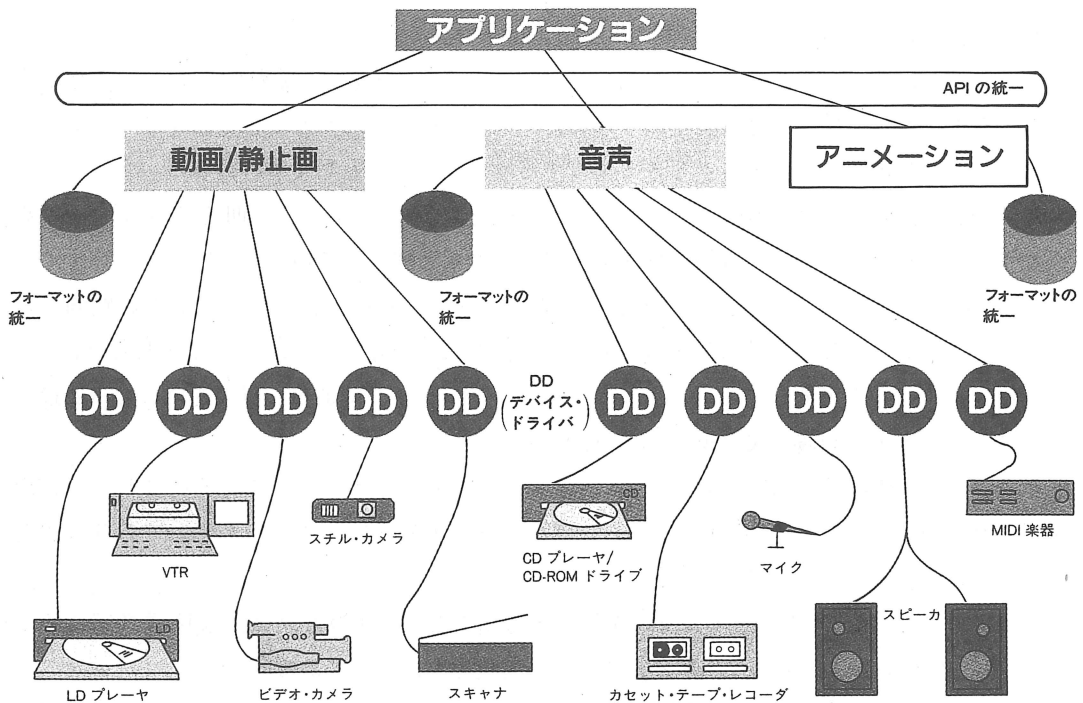


図9 マルチメディア・プラットフォーム¹⁶⁾

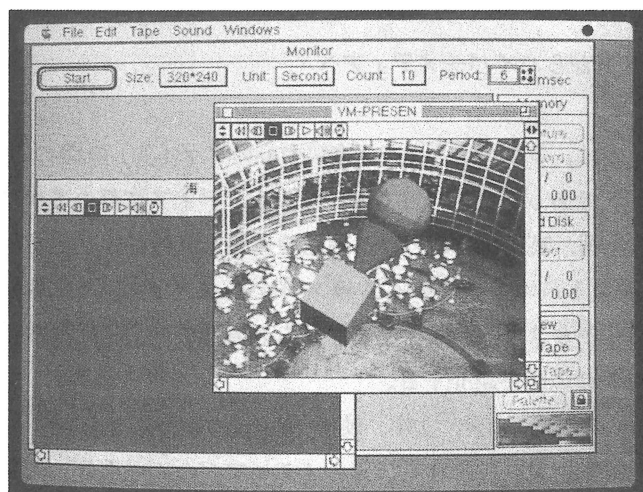


図10 デジタル映像と音を組み合わせて再生したときのマルチメディア画面¹⁶⁾
(コーシン・グラフィック・システムズの Video Magician II を用いたもの)

6.2 マルチメディアの目指す方向

最近のマルチメディアには、ハードウェアの面のみならず、ソフトウェアの面においても多様な広がりが見られる。ここで、近頃のマルチメディアの目指す方向として宇佐美昇三氏が指摘した内容を紹介する。

① 「複数のシンボル (文字, 線画, 自然画) をそれぞれ, 静止画・流動画として, また, 人口音, 自然音として提示できる機器についていわれる。ハイパーメディアのように, 全体をコンピュータで制御された複数メディアで構成するものが代表例として挙げられる。」¹⁷⁾

② 「同一主題についての複数のソフトを連続提示し, 単一ソフトでは期待できなかった重畳的な効果を狙う場合で, 一般的にはメディアミックスと呼ばれている。」¹⁷⁾

③ 「視聴覚機器の発展が双方向性を拡大したことから, 上り・下りチャンネルが整備されようとしている。そこで多数の学習者がめいめい任意に情報源にアクセスして, 多様な学習コースを作り出すことが可能となる新しいタイプのマルチメディアである。将来的にはもっと違ったシステムのものも登場してくるであろう。」¹⁷⁾

ところで, 宇佐美氏の ① においてハイパーメディアがマルチメディアの代表例として位置付けられていることは, 田中氏の ② においてハイパーメディアがマルチメディアの3つの定義のうちの1つとされていることと整合する。

宇佐美氏の ② は, メディアミックスを目指す方向である。③の方向は, 視聴覚教室のみならず, LL 教室をも巻き込んで, 学習システムの進化をもたらすであろう。

CAI を超えるマルチメディア教材として有名なものに, 「祇園祭」(京都放送教育研究協議会)¹⁸⁾ や「ミミ号の航海」(米国・バンクストリート教育大学)¹⁹⁾ などがある。

6.3 ハイパーテキストからハイパーメディアへ

ハイパーテキストとは, 多数のテキスト (文字中心のファイル) の間の自由な相互参照を可能にするソフトウェアであったが, 今日では, マルチメディア技術の進歩によってテキストのみならず, 音声, 静止画, 映像などあらゆる種類の情報を自由に相互参照・提示できる。すなわち, 「ハイパーテキスト+マルチメディア⇒ハイパーメディア」である。

ここでは, ハイパーメディアの特長として挙げられる融合性, 相互交渉性, 無構造的性の3つについての中野照海氏の説明を紹介する。

① 「ハイパーメディアは, 音声, 文字, 映像 (静画と動画)などを提示する多様な情報メディアを統合し, 融合して学習者に提示する。元のメディアがなんであれ, テレビ, 映画, 書物など, これらを融合して, 同一画面に提示する。」¹²⁾

② 「ハイパーメディアは, 学習者との対話を可能にする相互交渉性 (インタラクティブ) を

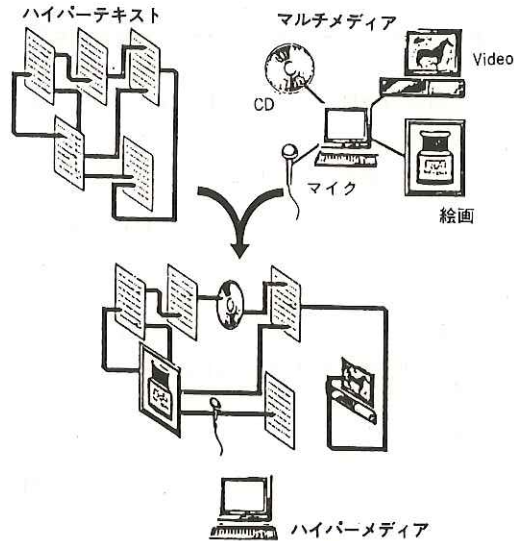


図11²⁰⁾ ハイパーテキスト + マルチメディア ⇒ ハイパーメディア

備えている。もともと、ハイパーメディアは、学習者の働きかけを基本とするメディアである。」¹²⁾

③ 「ハイパーメディアに蓄えられている学習資料は『無構造』である。このシステムの中で、学習者はある情報から別の情報に跳んで、必要な情報を自由に取り出すことができる。ここでも、学習者の自主的な働きかけを基本としている。」¹²⁾

このような3つの特長を持つハイパーメディアの教育利用には、大別して、教師の教材提示の道具としての活用方法と学習者の主体的発見学習の道具としての活用方法の2通りが考えられる。前者には、複雑なものや抽象的なものなどを分かり易く提示したり、多くの情報を効果的に提示できるメリットがある。また、後者はマルチメディア・リテラシーに通じる。これは、もはや CAI の枠を超えるものであることは明らかであろう。表 1, 2 を参照されたい。

表 1 ハイパーメディアの教育利用の 8 タイプ²¹⁾

- 1 疑似体験型
- 2 マルチデータベース型
- 3 学習評価支援型
- 4 教材作成参加型
- 5 ハイパーレポート作成支援型
- 6 発表設計支援型
- 7 学習オリエンテーション型
- 8 マルチ電子芝居型

表2 マルチメディアリテラシーの能力項目¹⁹⁾

- ① 多様なメディアと情報の特性およびその組み合わせパターンが分かる。
- ② 多様なメディアの基本操作ができる。
- ③ 適切なマルチメディアを選択し、それを使って情報の収集および関連付けができる。
- ④ 多様なコンピュータ周辺機器を用いて、情報入力と情報検索ができる。
- ⑤ ハイパーメディアによる疑似体験を通して、学習方法やコンピュータリテラシーの獲得ができる。
- ⑥ メディアの特性を活かしたマルチメディアプレゼンテーションができる。
- ⑦ 多様なコンピュータ周辺機器を活用して作成したソフトウェアを、コンピュータ通信によって他者に伝達することができる。
- ⑧ ビデオカメラ・編集機、テロップ、エフェクター、音声ミキサーなどを用いて、自作番組が制作できる。
- ⑨ インタラクティブビデオやハイパーメディアを用いて発表用コースウェアが作成できる。
- ⑩ マルチメディアを用いて、知識、イメージ、感情を統合した意見を持ったり、作品作りができる。

このような考え方に従って開発された教材として有名なものに、「ハイパー交通安全」(大阪大学等),²⁰⁾「文京文学館」(東京・ニューメディア教材研究開発グループ),「ベートーベン交響曲第9番」(米国・ボイジャー社)などがある。

6.4 教育におけるメディアミックス

ここでは、まず水越敏行氏の次のような、メディアミックスについての基本的な考え方を紹介する。

① 「個々の刺激体、いくつかの単一媒体を、教師または児童・生徒*が、あるねらいのもとに組み合わせたり、重ね利用することによって、単品としての刺激体、単一媒体では期待し得なかった新しい質の刺激媒体を作り出す。」²⁰⁾

② 「複数の媒体を組み合わせるといっても、どれかが基幹メディアとなり、その他のものが副次メディアとなる。どれを主として、どれを副とするかは相対的なものであって、それを視聴する児童・生徒*の実態と、教師の教材解釈や授業のねらいなどによって決められる。」²⁰⁾

③ 「マルチメディアやクロスメディアの概念が、授業で利用する媒体の側から考えられていたのに対して、メディアミックスの場合は、むしろ伝達されるメッセージ、取り扱う情報の側から複合を考える。」²⁰⁾

* 日本の教育工学関係の専門家の頭の中にある教育対象年齢は、通常小・中・高等学校の児童・生徒であるようだが、大学等の学生を含めて考えても基本的には不変である。筆者は、大学教育用のCAI等の研究開発・導入のためにも、大学等の学生を対象とする教授法の研究を推進する必要があると考える。

以上から分かるように、「メディアミックスではハードウェア（機器・機材等）の組み合わせよりも、そこに盛り込まれているメッセージ（情報・内容）の重ね効果を大切にする。言い換えるならば、各種のメディアを授業過程に取り込み位置づけることにより、いろんな学習情報（教材）をどんな方法、順序で提供していくかを重視する。」¹⁵⁾ 図12, 13を参照されたい。

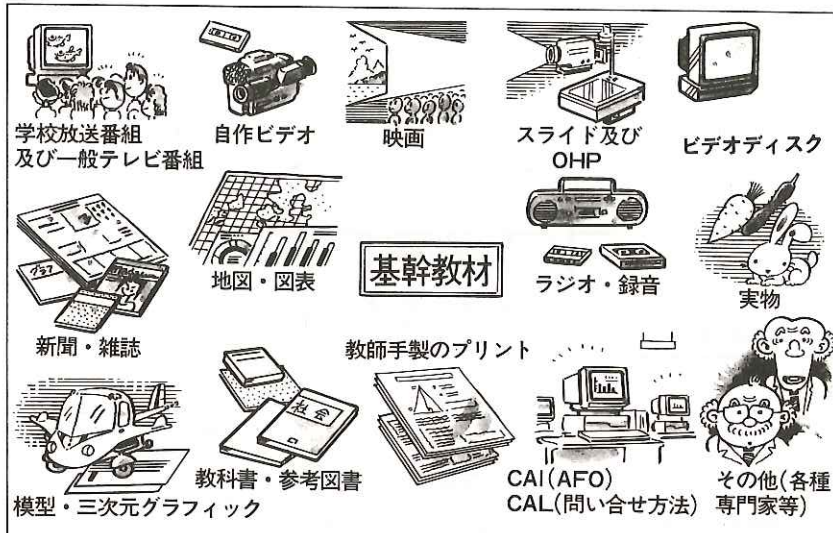


図12 メディアミックスの一般型（水越「放送教育」日本放送協会、1986を改変¹⁶⁾）

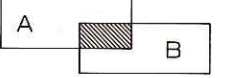
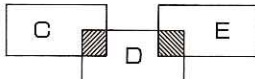
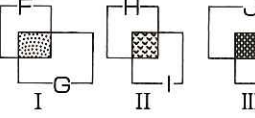
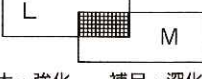
授業類型		メディアミックスのタイプ	学力
基本学習 ↓	思考型	 拡大・強化 補足・拡大	◎◎ 理解力 洞察力
	思考型	 転換・移動 拡散・深化	◎◎ 洞察力 探索力
探索学習 ↓	行動型	 I G II I III K	◎◎ 構 成 力 探索力
交流学習	思考型	 拡大・強化 補足・深化	◎◎ 創 作 力 発信力

図13 メディアミックスによる授業類型²³⁾

6.5 夢の学習環境

最後に、杉山知之氏の描く未来の学習環境を紹介してから、第6節を閉じることにする。

図14に見られるような巨大なマルチメディア知識バンクにおいて、多くの人々が日々登録するであろう膨大な知識は、誰でも利用可能なデジタルデータに変換されて行く。知識相互のリンクは果てしない広がりを持つようになり、人々が新しい考えにたどり着く毎に新しいリンクが生まれることになる。²⁴⁾

さらに、一部の情報は、マルチメディアの発展型としての VR (Virtual Reality の省略形で、仮想現実または人工現実感と訳される。) により表現されるようになるであろう。²⁴⁾

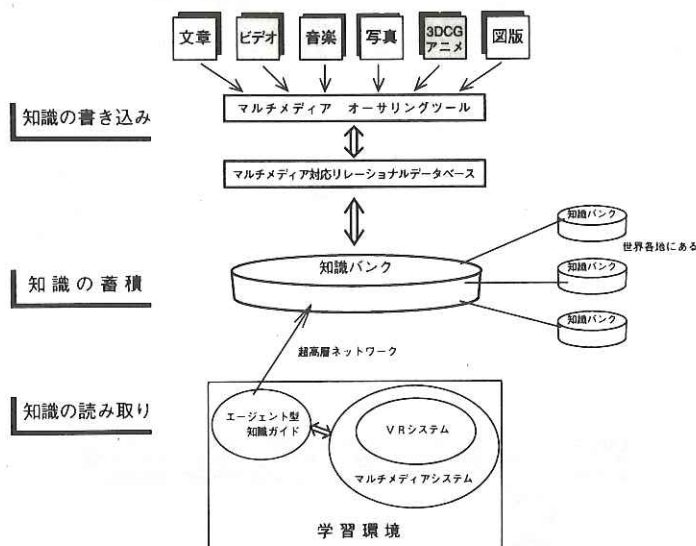


図14 夢の学習環境の構造²⁴⁾

7. おわりに

この節では、この報告のまとめとして、前半で「私立大学における CAI の役割」の一般的方向付けに関する主張点を列挙し、後半で今後の具体的方向付けについて検討する。

7.1 一般的方向付け

一般的方向付けに関する主張点を箇条書きにすると、次のようになる。

- (1) CAI は、Individualized, Interactive and Guided Instruction である。¹⁾
- (2) CAI システム等を活用すれば、マスプロ教育等の伝統的一斉教育が内包する教育学

的マイナスを埋め合わせることができるのではなからうか。

- (3) 本学のような社会科学系私立大学において CAI システム等を活用すれば、学生の学力・教養の向上、とくにその底上げに、より一層役立つであろう。
- (4) マルチメディア型／ハイパーメディア型 **CAI** システム、**CAI** を超えるマルチメディア／ハイパーメディアの教育利用、メディアミックスの教育への適用は、教師の努力次第で、あらゆる教育科目に導入・実現可能であり、これらを導入・実現することによって、本学の教育現場に活力を与えると同時に、学生に人間性豊かな情報体系化・活用能力を習得させることができるのではなからうか。
- (5) 知的 **CAI** システムは、まだ研究開発途上にあるが、近い将来きっと高度個別教育と双方主導対話を実現したシステムとして活躍するときがくるであろう。
- (6) CAI システム等は、たとえ知的 CAI システムといえども、決して人間の教師の代役を演じるのではなく、あくまでも人間の教師による教育活動を補助的に支援すべきである。
- (7) 以上のような観点から、様々な教育科目にそれぞれ最適の **CAI** システムを、あるいは、あらゆる教育科目に対して、マルチメディア型／ハイパーメディア型 **CAI** システム、**CAI** を超えるマルチメディア／ハイパーメディアの教育利用、メディアミックスの教育への適用を、他の私立大学等より積極的に導入・実現することによって、当該大学等の特色を出すことができるのではなからうか。

7.2 具体的方向付け

以上のような視点に立って、第1節で定義した「教育工学的マイナス： $MMR_q(m,n)$ 」を埋め合わせることができる効果の大きさ、CAI 等のコースウェアの入手し易さ（作成し易さを含む。）などを勘案すると、現時点では直観的・定性的にしか判断できないが、次のような順序で CAI システム等を導入・研究開発するのが最も現実的であると考えられる。

- (1) マルチメディア型／ハイパーメディア型 **CAI** システム
- (2) **CAI** を超えるマルチメディア／ハイパーメディアの教育利用の方法
- (3) **AFO - CAI** (フレーム型 **CAI**) システム
- (4) シミュレーション型 **CAI** システム
- (5) メディアミックスによる教育手法
- (6) 知的 **CAI** システム／**ITS**

いずれにせよ、このような CAI システム等の導入・研究開発を実現するために最も重要であると考えられるのは、大抵の場合本質的に、経済的問題ではなく、人的資源の問題であろう。

この人的資源の問題とは、換言すれば、「大学のスタッフの中に、情報処理技術の基礎を既に習得しているかまたは習得することに意欲的でありかつそれを実行できる上に、具体的な

CAI システム等の導入・開発に参画意欲を持つ複数の教師が存在し、しかもそのための研究チームを実際に編成することができるのみならず、具体的な成果を挙げる」ことの難しさにはかならない。

しかしながら、究極の難問は、情報処理技術の習得や研究チームの編成などにあるのではなく、次の点にある。すなわち、優れた **CAI** 等のコースウェアを作成しようとする教師は、第3節において少し触れた如く、当該教科の教材をより深く分析・総合する能力を必要とされるということ、つまり教師としての高度の力量を問われるということである。このように平凡であるが重要である、自明の結論をじっくりと噛み締めて、この第1回報告（I. 一般的方向付け）を終わることにする。

付録 CAI の教授理論

最近の CAI の教授理論（学習理論）は、ティーチング・マシンに見られるようなスキナーの行動主義的理論ばかりでなく、表A1に見られる如く最近の認知科学の成果を取り入れている。

表A1 CAI ソフトウェアより教えられるスキルと関連する教授理論²⁰⁾ Bell（1985）

ソフトの様式	教えられるスキルのタイプ	関連する教授理論
ドリル・演習	弁別スキル	スキナーの理論
個別指導 (チュートリアル)	具体的概念 三角形, 円	情報処理理論 クラウスマイヤーの概念 学習モデル
	抽象的概念 自由, 愛国心	情報処理理論
	法則の応用 $A = L W$	ガニエの知的技能
	問題解決 次の部屋のためには どれだけの壁紙がいるか 9×12×9の部屋 3×8のドアがある	ガニエの知的技能
シミュレーション	複雑な装置の操作や修理	バンデューラの観察学習
	問題分析と訂正 患者の診断 連邦論争の解決	ガニエの認知方略

参 考 文 献

- 1) Esther R. Steinberg : *Computer-Assisted Instruction—A Synthesis of Theory, Practice, and Technology*, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers, p. 2, 3 (1991).
- 2) 第 7 回朝日 CAI シンポジウム「コンピューターによる新しい文化の創造」—CAI からCITLの時代へ、朝日新聞社主催、東京・新宿・京王プラザホテルにて (1991.8).
- 3) 大槻説平, 山本米雄 : 知的 CAI のパラダイムと実現環境, 情報処理, Vol.29, No.11, pp. 1255—1265 (1988).
- 4) 中山和彦, 木村捨雄, 東原義訓 : CAI について (第 1 章, 中山), コンピュータ支援の教育システム—CAI, 東京書籍, pp. 18—23, p.29 (1987).
- 5) 芦葉浪久 : 学校教育におけるコンピュータ利用の基本 (第 2 章), コンピュータの学校教育利用, 東京書籍, pp. 35—48, p.67 (1986).
- 6) 芦葉浪久 : CAI の基礎事項 (第 2 章), CAI コースウェア作成技法, 東京書籍 (1987).
- 7) 中山和彦, 木村捨雄, 東原義訓 : 学校教育に有効な CAI システム (第 2 章, 東原), コンピュータ支援の教育システム—CAI, 東京書籍, p.46, 47, 52, 53, 54 (1987).
- 8) Ibid., 知的 CAI システムの発展動向と新しい展開 (第 6 章, 木村), p.223, 231.
- 9) Ibid., 伝統的フレーム型 CAI から資源統合型・知的 CAI への展開 (第 5 章, 木村), p.212, 213.
- 10) 山本米雄 : CAI の現状と課題 1, 2 (第 5, 6 章), 情報科学—パソコンと人工知能, 相原恒博編, 共立出版, pp. 55—81 (1988).
- 11) 田中博之 : 学校教育におけるマルチメディアの活用, **multimedia WORLD**, No.8, pp.8—11 (1993.2).
- 12) 中野照海 : 試行としてのメディアミックス教材の開発—第 3 年次報告書, 日本視聴覚教育協会 (1991.3).
- 13) 荒木 勉 : マルチメディアから実感メディアへ, **multimedia WORLD**, No.8, pp.30—33 (1993.2).
- 14) 豊田順一, 中村裕一 : 知的 CAI における知識表現と教授法, 情報処理, Vol. 29, No.11, pp. 1266—1274 (1988).
- 15) 吉田貞介 : マルチメディアの新しい流れ, 日本教育工学協会ニューズレター, 92—2, pp.4—7 (1992.2).
- 16) 松原 敦, 大用昌之 : 特集・出番が来たマルチメディア, 日経バイト, 1991—1, pp. 203—243 (1991).
- 17) 宇佐美昇三 : 教育工学関連学協会連合第 3 回全国大会講演論文集, 大阪大学 (1991.11).
- 18) 黒上晴夫 : マルチメディアはこんな授業を創り出す, **NEW—教育とマイコン**, 1992—10, pp. 36—41 (1992).
- 19) 浜野保樹 : ハイパーメディアと教育革命, アスキー出版局, p. 168, 169 (1990).
- 20) 月刊アスキー, No. 148, p. 224 (1989).
- 21) 田中博之 : ハイパーメディアは教育の可能性をどう広げるか, **NEW—教育とマイコン**, 1992—10, pp. 42—47 (1992).
- 22) 水越敏行 : 放送教育の転換とメディアミックス—文部省委嘱調査研究報告書 (1987.3).
- 23) 岡部昌樹 : メディアミックスに統合される学習指導環境, **NEW—教育とマイコン**, 1992—10, pp. 48—53 (1992).

- 24) 杉山知之：テクノロジーの進歩と今後の可能性＝未来的知識獲得の構図，**multimedia WORLD**，No. 8，p.36，37 (1993. 2).
- 25) 中山和彦，木村捨雄，東原義訓：CAI コースウェアの設計（第3章，東原），コンピュータ支援の教育システムー**CAI**，東京書籍，pp. 110 -113 (1987).

(1993年3月5日 受理)